

末梢神経電気刺激が皮質脊髄路の興奮性に与える影響

Pham Van Manh^{1),2)}、立木翔太^{1),2)}、Nguyen Minh Ngoc^{1),2)}、

佐々木亮樹^{1),2)}、宮口翔太¹⁾、齊藤慧¹⁾、大西秀明¹⁾

1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

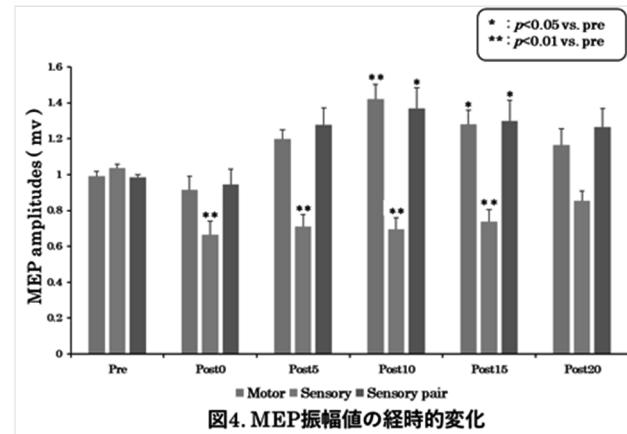
2) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

【背景・目的】皮質損傷や脳卒中患者に対する治療の一つとして、運動機能改善を目的に末梢神経電気刺激（Peripheral nerve electrical; PES）が用いられている（Sujith et al., 2008）。末梢神経電気刺激によって皮質脊髄路の興奮性が増大し、運動機能が改善すると考えられている（McDonnell et al., 2006）。この運動機能改善や中枢神経系の可塑的变化には、電気刺激後の皮質脊髄路の興奮性の増大が関与していると報告されている（Everaert et al., 2010）。先行研究において感覚閾値強度の PES を 20 分間実施することで運動誘発電位（Motor evoked potential; MEP）が減少し、反対に運動閾値強度では MEP が増大すると報告されている（Andrews et al., 2013）。一方、感覚閾値強度の PES でも 40 分間介入することで PES 後に MEP が増大するとの報告もある（齊藤ら., 2013）。近年、PES の新しい刺激パラメータとして 2 連発電気刺激（Paired-Pulse Electrical Stimulation; ppES）が提案されている（Saito et al., 2015）。しかし、通常の PES と ppES の効果についての違いは不明である。そこで、本研究では通常の PES と ppES が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

【方法】本研究には健常者 14 名（男性 13 名、女性 1 名； 23.1 ± 1.7 歳）が参加した。表面電極は右第一背側骨間筋（First dorsal interosseus muscles; FDI）の筋腹上に貼付し、筋電図増幅器（FA-DL-720、フォーアシスト社製）を用いて筋電図を記録した。電気刺激は右手関節部の尺骨神経に対して 20 分間与えた。通常の PES の刺激強度は運動閾値の 1.2 倍（PES ; Motor）と感覚閾値の 1.2 倍（PES ; Sensory）とし、ppES では感覚閾値の 1.2 倍とした。刺激周波数は 30 Hz、パルス持続時間は 0.2 ms とし、刺激サイクルは 4 秒 on 6 秒 off とした。ppES の連発する 2 つのパルスの刺激間隔を 5 ms とした。評価には経頭蓋磁気刺激装置（Transcranial magnetic stimulation; TMS）および 8 の字コイルを用い、左一次運動野（Primary motor cortex ; M1）領域を刺激して、右 FDI より MEP を記録した。FDI の刺激部位の決定には TMS Neuronavigation (Visor™、ANT Neuro) を用いて、頭部 MRI 画像上で手指の領域を確認して磁気刺激を行い、

最大の MEP が記録される場所を FDI の hot spot とした。刺激頻度は 0.2 Hz とし、刺激強度は安静時に約 1 mV の MEP 振幅値が誘発される強度とした。

【結果】PES (Motor) では Post10、Post15 において、Pre と比較して MEP 振幅値が有意に増大した。PES (Sensory) では Post0、Post5、Post10、Post15 で Pre と比較し、MEP 振幅値が有意に減少した。ppES では Post10、Post15 で Pre と比較して MEP 振幅値が有意に増大した。



【考察】先行研究では末梢神経電気刺激によって皮質脊髄路の興奮性が増大し、その作用としては皮質内の GABA 抑制系が関与していると報告されている（Kaelin-Lang et al., 2002）。本研究においても運動閾値強度の PES 後に MEP 振幅値が増大した。その理由として GABA 作動ニューロンの活動が脱抑制したことで皮質の興奮性が増大したと考える。また、本研究では 20 分間の ppES 後に MEP 振幅値が増大した。一方、先行研究では 20 分間の ppES 介入後に MEP 振幅値の変化が認められなかった（Saito et al., 2015）。その理由として、先行研究では刺激の on と off を用いない連続的な介入であるが、本研究では 4 秒 on と 6 秒 off を用いる間欠的な刺激サイクルを用いていることが考えられる。そのため、刺激の on と off を用いるパラメータが MEP 振幅の増大に関与した可能性があると考えられる。

【結論】通常感覚閾値強度の PES では刺激後に皮質脊髄路の興奮性が減弱し、運動閾値強度の PES では刺激後に皮質脊髄路の興奮性が増大することが明らかになった。また、感覚閾値強度の 20 分間刺激であっても、二連発刺激を間欠的に与えることで刺激後に皮質脊髄路の興奮性が増大することが明らかになった。